

12-30-2019

## MODELING OF THE INTERACTION OF THE FLOW OF A FIBER MASS WITH DISCRETE-POSITIONED BARS IN THE PROCESS OF CLEANING IT FROM WEED IMPURITIES

T.M. Kuliyeu

*"Paxtasanoat ilmiy markazi" Joint-Stock Company, Tashkent, Uzbekistan*

E.T. Maksudov

*"Paxtasanoat ilmiy markazi" Joint-Stock Company, Tashkent, Uzbekistan*

R.Sh. Sulaymonov

*"Paxtasanoat ilmiy markazi" Joint-Stock Company, Tashkent, Uzbekistan*

B.M. Mardonov

*Tashkent institute of textile and light industry, Tashkent, Uzbekistan*

D.X. Umarxodjayev

*"Paxtasanoat ilmiy markazi" Joint-Stock Company, Tashkent, Uzbekistan*

Follow this and additional works at: <https://uzjournals.edu.uz/titli>



Part of the [Engineering Commons](#)

---

### Recommended Citation

Kuliyeu, T.M.; Maksudov, E.T.; Sulaymonov, R.Sh.; Mardonov, B.M.; and Umarxodjayev, D.X. (2019)

"MODELING OF THE INTERACTION OF THE FLOW OF A FIBER MASS WITH DISCRETE-POSITIONED BARS IN THE PROCESS OF CLEANING IT FROM WEED IMPURITIES," *Textile Journal of Uzbekistan*: Vol. 8 : No. 1 , Article 8.

Available at: <https://uzjournals.edu.uz/titli/vol8/iss1/8>

This Article is brought to you for free and open access by 2030 Uzbekistan Research Online. It has been accepted for inclusion in Textile Journal of Uzbekistan by an authorized editor of 2030 Uzbekistan Research Online. For more information, please contact [sh.erkinov@edu.uz](mailto:sh.erkinov@edu.uz).

УДК 677.051.164-52+ 621.928.028.001.573

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОТОКА ВОЛОКНИСТОЙ МАССЫ С ДИСКРЕТНО РАСПОЛОЖЕННЫМИ КОЛОСНИКАМИ В ПРОЦЕССЕ ОЧИСТКИ ЕЕ ОТ СОРНЫХ ПРИМЕСЕЙ

*T.M.Kuliyev<sup>1</sup>, E.T.Maksudov<sup>1</sup>, R.Sh.Sulaymonov<sup>1</sup>, B.M.Mardonov<sup>2</sup>, D.X.Umarxodjayev<sup>1</sup>*

1. “Paxtasanoat ilmiy markazi” JSC

2. Tashkent Institute of Textile and Light Industry

**Annotatsiya.** Paxta tolasi to'qimachilik sanoatida keng qo'llaniladi. Yigiruvning ilg'or usullarini joriy etilishi paxta tozalash korxonalarida ishlab chiqarilayotgan tola sifatini oshirish yo'llarini izlash zaruriyatini qo'ymoqda. Paxta tozalash korxonalarida tolani tozalash uchun ishlatilayotgan IVPU rusumli bir barabanli tola tozalagichlar konstruksiyasining takomillashtirilmaganligidan talab etilgan tozalash samaradorligini ta'minlab berish imkoniyati yo'q. Mashinaning past tozalash samaradorligidan tola tarkibidan singan chigit va chigit qobig'li tolali qiyin ajraluvchan fraktsiyalar to'liq ajralmaydi va to'qimachilik sanoatida toladan foydalanishda qiyinchiliklarga olib kelmoqda. Amaliyot, IVPU tozalagichning tozalash samaradorligi pastligini ko'rsatib, haqiqiy tozalash samaradorligi o'rtacha 15-20% ni tashkil etishi, mashina va qo'l bilan terilgan qiyin tozalanuvchan selektsiyali paxtani dastlabki ishlashdan sifatli tola ishlab chiqarilishini ta'minlay olmayabdi. Bundan tashqari, tozalagich konstruksiyasining kamchiligidan 15% gacha tola tozalanmasdan tranzit holatida tashiladi.

Yuzaga kelgan kamchiliklarni keskin kamaytirish, materialni samarali qoqish va tarash bilan chigit qobig'li tola, kombinatsiyalangan jgutlarni tola tarkibidan jadallashgan holda ajralishini ta'minlaydigan yangi konstruksiyali kolosnikli panjara va yo'naltirgichga ega bo'lgan ikki barabanli to'g'ri oqimli tola tozalagich yaratildi.

Tolani tozalash texnologik jarayonini samarali boshqarish va avtomatik sistemadan foydalanish uchun jarayonning mavjud sifatli tomon bilimlari yetarli emas. Murakkab masalalarni yechish uchun matematik modellash usullari qo'llanilgan, EHM yordamida ularning tadqiqotlari olib borilgan va matematik modellar olingan. Tozalash texnologiyasining matematik modeli jarayonning nazariy tahlili va tajriba-tadqiqotlar natijasida olingan kattaliklari asosida yaratildi.

**Аннотация.** Хлопковое волокно широко применяется в текстильной промышленности. Внедрение прогрессивных способов прядения ставит задачу о необходимости дальнейшего поиска путей повышения качества получаемого волокна на хлопкозаводах. Применяемые серийные однобарабанные волокноочистители марки IВПУ для очистки волокна на хлопкозаводах не в состоянии обеспечить достижение требуемого очистительного эффекта ввиду несовершенства конструкции. Из-за низкого очистительного эффекта машины не полностью выделяются из волокна такие трудноудаляемые фракции, как битые семена и кожица с волокном, что в значительной степени затрудняет использование волокна в текстильной промышленности. Практика показывает, что фактический очистительный эффект волокноочистителя IВПУ низкий и составляет в среднем 15-20 %, что не обеспечивает получение качества волокна при переработке трудноочищаемых селекционных сортов, а также хлопка-сырца машинного сбора. Кроме того, из-за недостатков конструктивных особенностей волокноочистителя, происходит транзит без очистки до 15 % волокна.

Для устранения выявленных недостатков создан двухбарабанный прямоточный волокноочиститель с колосниковыми решетками и направляющими новой конструкции, способствующие эффективному расчесыванию и растрепыванию материала, обеспечивающему интенсивное выделение из волокна таких трудноудаляемых фракций, как кожица с волокном, комбинированные жгуты и т.д.

*Для успешного управления технологическим процессом очистки хлопкового волокна и использования систем автоматизации, недостаточно знания уже известных качественных сторон процесса. Для решения сложных задач применены методы математического моделирования, получение математических моделей и их исследования с помощью ЭВМ. Математическая модель технологии очистки создана на основании теоретического анализа процесса и экспериментальных данных.*

**Abstract.** *Cotton fiber is widely used in the textile industry. The introduction of progressive spinning methods poses the problem of the need to further search for ways to improve the quality of the fiber produced at cotton plants. Used serial single-drum fiber cleaners of brand IVPU for cleaning fiber at cotton factories are not able to achieve the required cleaning effect due to imperfection of the design. Due to the low cleaning effect of the machine, such difficult-to-remove fractions as beaten seeds and peel with fiber do not completely stand out from the fiber, which greatly complicates the use of fiber in the textile industry. Practice shows that the actual cleaning effect of the IVPU fiber-cleaning machine is low and averages 15–20%, which does not ensure the quality of the fiber in the processing of difficult-to-clean selection varieties, as well as raw cotton from the machine collection. In addition, due to the design flaws of the wiper, the transit without cleaning up to 15% of the fiber occurs.*

*To eliminate the identified shortcomings, a double-drum straight-through fiberglass with grates and new design guides was created to promote efficient combing and fraying of the material, ensuring intensive separation of difficult-to-remove fractions such as peel with fiber, combined flagella, etc.*

*For successful management of the technological process of cleaning cotton fiber and the use of automation systems, it is not enough knowledge of already known qualitative aspects of the process. To solve complex problems, the methods of mathematical modeling, obtaining mathematical models and their research using computer were applied. The mathematical model of the purification technology was created on the basis of a theoretical analysis of the process and experimental data.*

**Keywords:** *Fiber cleaning, grate, fibrous mass, trash, ginning, loosening, waste.*

**Введение.** Хлопковое волокно является основным сырьем для текстильной промышленности. Внедрение прогрессивных способов прядения ставит задачу о необходимости дальнейшего поиска путей повышения качества выпускаемого волокна на хлопкозаводах.

На хлопкозаводах для очистки волокна применяются серийные однобарабанные волокноочистители марки 1ВПУ, которые не в состоянии обеспечит требуемого очистительного эффекта ввиду несовершенства конструкции очистительных органов [1-3]. Из-за низкого очистительного эффекта машины и неполного выделения из волокна таких трудноудаляемых фракций, как битые семена и кожица с волокном, в значительной степени затрудняется процесс выработки пряжи в текстильной промышленности.

В результате изучения работы волокноочистителя марки 1ВПУ на хлопкоочистительных заводах республики установлено, что фактический очистительный эффект составляет в среднем 15-20 %, что не обеспечивает получение качества волокна в соответствии со стандартом О'zDst 604:2016 "Волокно хлопковое", "Технические условия", особенно при переработке трудноочищаемых селекционных сортов и хлопка-сырца машинного сбора [4, 5]. Кроме того, из-за конструктивных недостатков волокноочистителя происходит транзит без очистки до 15 % волокна [6].

За рубежом для очистки волокна применяются пневматические волокноочистители и волокноочистители конденсорного типа [7].

Для повышения качества волокна и оснащения современным оборудованием на отечественных хлопкозаводах применяются зарубежные пневматические

волоконоочистители. Проектный очистительный эффект при очистке высоких и низких сортов волокна составляет 10-18 %, при испытании фактический 5,7-7,9 %, что в среднем 4,0 (абс) % и 10 (абс) % ниже установленного. При этом часто имели место забои при транспортировании волокна по волоконоотводящему каналу. Зарубежные волоконоочистители конденсорного типа работают по принципу прочёсывания и поэтому их очистительный эффект достигается до 45 % [8]. По конструктивному исполнению они более сложны, металлоёмки и громоздки. В процессе очистки содержание волокна в отходах волоконоочистителей составляет 44-56 %, что приводит к снижению общего выпуска волокна [9].

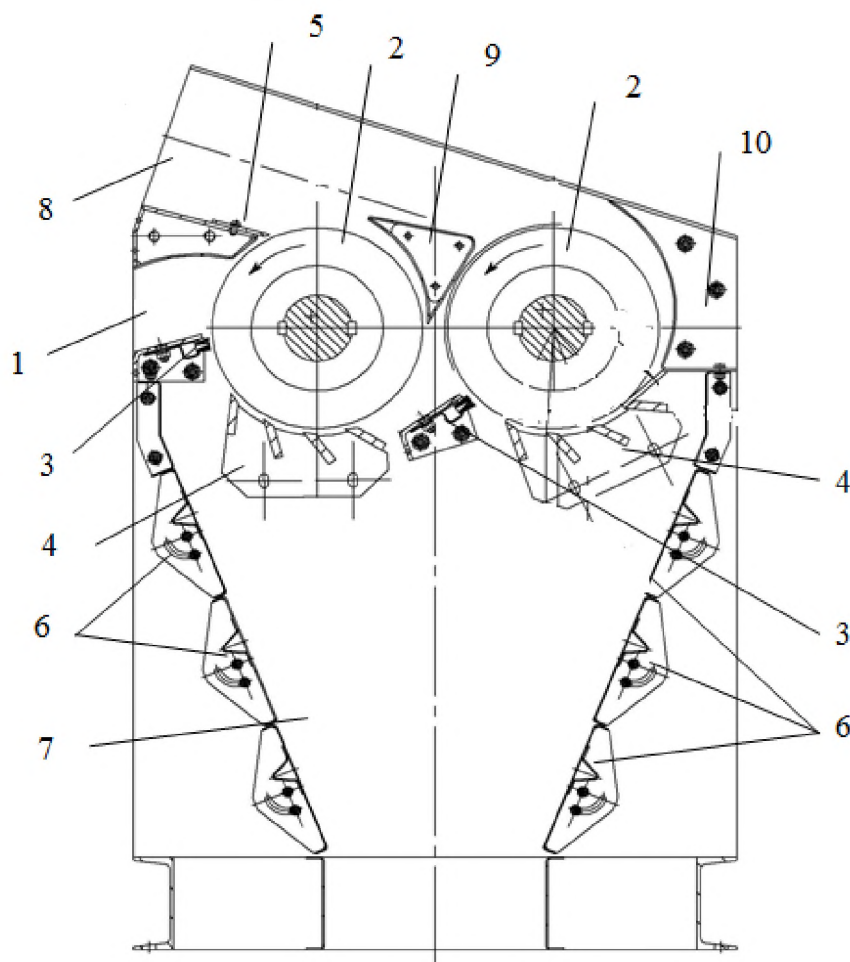
Изучая достоинства отечественных и зарубежных волоконоочистителей и устранения выявленных их недостатков, создан двухбарабанный прямоточный волоконоочиститель с колосниковыми решетками и направляющими новой конструкции, способствующий эффективному расчесыванию и растрепыванию материала, обеспечивающий интенсивное отделение из волокна трудноудаляемых фракций, таких как кожа с волокном, комбинированные жгутики и т.д. (рис. 1). При этом увеличивается очистительный эффект волоконоочистителя на 10-20 %, повышается качество волокна с обеспечением стандарта O'zDst 604:93 "Волокно хлопковое", "Технические условия", уменьшается волокнистость в отходе и составляет в среднем 15-20 % при очистке волокна от хлопка-сырца ручного и машинного сбора [10].

Технология очистки хлопкового волокна от сорных примесей зависит от многих факторов, и поэтому моделирование процесса представляет сложную задачу даже при определенных допущениях и упрощениях. Математическое описание процесса базируется на взаимосвязи теории с экспериментальными данными. Практическая реализация возможностей использования математических моделей в технологии очистки позволит сократить затраты времени и средств на использование инновационных разработок.

Когда поток клочков волокнистого материала попадает в зону действия колосниковой решетки, происходит контактное взаимодействие материала с рабочими органами очистительной машины. В результате ударных воздействий ножей и колосников на частицы, а также действия центробежных сил, часть примесей и волокон выделяется через колосниковую решетку, образуя отходы [11]. Это обстоятельство предъявляет особые требования к технологии очистки: минимизировать образование пороков волокна и ухудшение его природных свойств, но при этом необходимо обеспечить выделение максимального количества сора и минимального количества волокон в составе отходов. В статье для описания процесса выделения сорных примесей из хлопкового волокна, предложено использовать предположение о пропорциональности изменения плотности волокна, скорости вращения пыльного барабана и модел точечного воздействия колосников на движущегося потока волокон.

Как известно, в дженированном хлопковом волокне содержится значительное количество завитков, которые ухудшают товарный вид волокна. Как отмечается в работах, длительными исследованиями у нас и за рубежом установлено, что очистка хлопкового волокна от сора и улюка является наиболее эффективной непосредственно после его выхода из джина [12]. Волокна в это время находятся в разрыхленном состоянии и в этих условиях целесообразно использовать специальные камеры очистки. В зоне очистки, где происходит ударное взаимодействие колосников с волокнистой массой, как правило, волокнистая масса разрыхляется, в результате изменяется ее плотность за счет увеличения объема клочков и выпадения сорных примесей. В этой зоне скорость конечного слоя потока волокнистой массы, движущейся в пространстве между колосниками и очистительным барабаном, уменьшается, ввиду сопротивления неподвижных колосников, что приводит к изменению скорости потока вдоль зоны очистки и в случае стационарного движения потока и требуется использовать основные положения механики сплошной среды [13].





**Рис.1. Схема модернизированного прямооточного двухбарабанного волокоочистителя**

1- входной патрубков, 2- пыльные цилиндры, 3- притирочные щетки, 4- модернизированные колосниковые решетки, 5- нож-отсекатель, 6- жалюзийные решетки, 7- сорная камера, 8- выходной патрубков, 9- модернизированный направлятель

Если считать толщину слоя волокна достаточно малой, то скорость ее практически не отличается от скорости пыльного барабана, и поэтому уменьшение массы в зоне взаимодействия с колосниками происходит только за счет изменения ее плотности. В этом случае можно использовать модель очистки, предложенную в работе [14]. Эта модель отличается простотой и не требует применения уравнений состояния волокнистой массы.

**Постановка задачи.** Рассмотрим стационарное движение потока волокон в камере разрыхлительно-очистительной машины, где непрерывно поступает хлопковое волокно с расходом на входе в камеру  $Q$ . Время пребывания волокна в цилиндрической камере при условии, что колосниковая решетка занимает  $q$ -ой части поверхности камеры, составляет  $T = q/\omega$ , где  $\omega$  - угловая скорость пыльного барабана. В силу стационарности процесса в камеру за время  $T$  поступает одинаковая масса волокна  $m_0 = QT = Qq/\omega$ . Установим изменение этой массы за время прохождения ее в камере от  $t = 0$  до  $t = T$ .

Введем полярные координаты с началом в центре пыльного барабана (рис. 2). Внешняя граница слоя волокна взаимодействует по закону сухого трения Кулона с отдельными колосниками, расположенными на одинаковом расстоянии от внешней границы и между собой. При этом воздействие сил со стороны колосников считается точечным. Согласно модели сжимаемой среды в зоне очистки  $R_1 < r < R_1 + h$ ,  $\varphi_0 < \varphi < \pi - \varphi_0$ . ( $R_1$  - радиус

пыльного барабана,  $h$  - толщина слоя волокнистой массы) определяем давлением  $p = p(r, \varphi)$  и плотность  $\rho = \rho(r, \varphi)$ . Принимая толщину слоя малой величиной и полагая радиальную составляющую скорости потока равной нулю, обозначим угловую скорость потока через  $w(r, \varphi)$ , и считаем, что давление и скорость потока не зависят от переменной  $r$ ,  $w_\varphi = w(\varphi)$ ,  $p = p(\varphi)$ . В интервале  $R_1 < r < R_1 + h$  заменяем переменную  $r = R = (2R_1 + h)/2$ . Функции  $w, p, \rho$  в принятых предположениях при отсутствии силы веса удовлетворяют стационарному уравнению Эйлера [15].

$$\rho w \frac{dw}{d\varphi} = -\frac{dp}{d\varphi} - f \frac{R}{R_1 + h} \sum_{i=1}^N \rho_i w_i^2 \delta(\varphi - \varphi_i), \quad \varphi_0 < \varphi < \pi - \varphi_0 \quad (1)$$

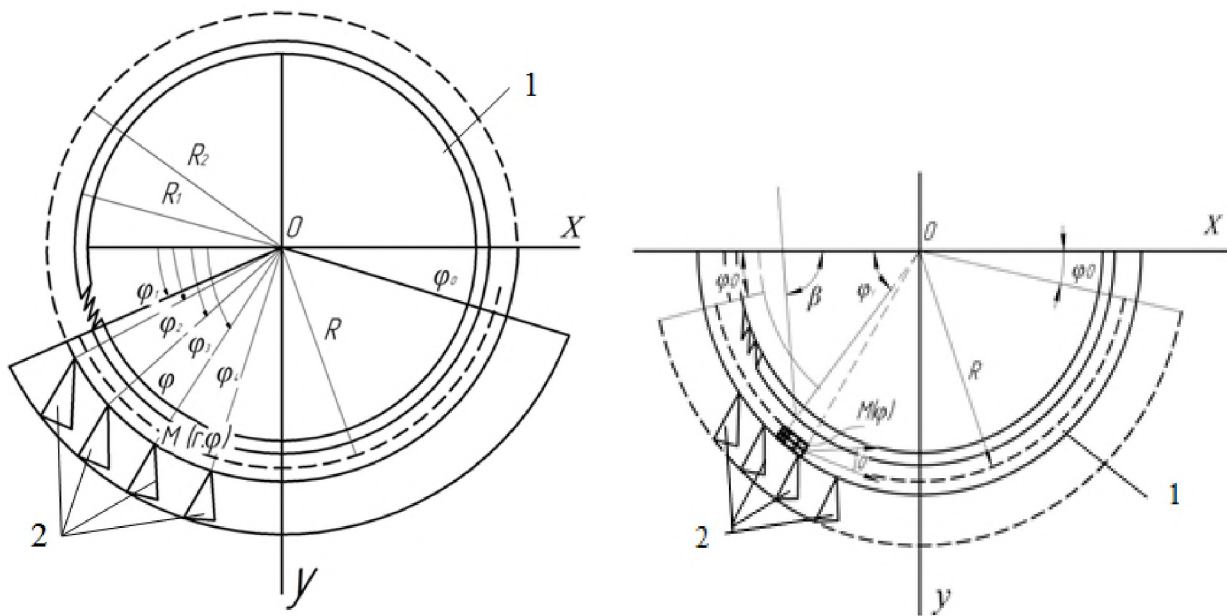


Рис.2. Схема движения волокна в зоне очистки

где  $f$  - коэффициент трения между волокном и колосником,  $\delta(\varphi - \varphi_i)$  - функция Дирака, указывающая действие сосредоточенной силы в точке  $\varphi = \varphi_i$ ;  $p_i$  и  $w_i$  - значения функции  $p(\varphi)$  и  $w(\varphi)$  в точках  $\varphi = \varphi_i = \varphi_1 + \frac{\pi - 2\varphi_1}{N-1}(i-1)$  и  $N$  - число колосников, подлежащих определению.

Уравнение (1) содержит три неизвестные  $w, p, \rho$ , для замыкания которого используем закон сохранения массы потока

$$\rho w S = \rho_i w_i S = \text{const} = \rho_0 w_0 S_0 = Q \quad S = h(\varphi)L \quad (2)$$

где  $S = Lh$ ,  $\rho_0$  - плотность волокнистой массы при входе в камеру,  $w_0 < w_n$  - скорость подачи сырья в очистительную зону ( $w_0 < w_n$ ,  $w_n$  - линейная скорость пыльного барабана),  $Q$  - производительность очистительной машины,  $L$  - длина барабана и уравнение состояния среды, устанавливающее связь между давлением и плотностью

$$\rho = \rho_c [1 + A(p - p_c)]$$

где  $A$  - коэффициент податливости волокнистой массы,  $p_0$  - давление потока при входе в камеру. Пользуясь равенством (2), выразим плотность  $\rho_i$  и давление  $p$  при  $A \ll 1$  через скорости потока  $w$  в зоне очистки:

$$\rho = \frac{\rho_0 w_0 h_0}{wh(\varphi)}, \quad (3)$$

$$p = p_0 + \frac{1}{A} \left(1 - \frac{w}{w_0}\right) \quad (4)$$

После исключения функции из уравнения (1)  $\rho$  и  $p$  с помощью зависимостей (3) и (4), полагая  $R/(R_1 + h) \approx 1$  при  $h/R \approx 0$ , получим уравнение относительно  $w$

$$\frac{d\bar{w}}{d\varphi} = -\frac{f}{q} \sum_{i=1}^N \bar{w}_i \delta(\varphi - \varphi_i) \quad (5)$$

где  $\bar{w} = w/w_0$ ,  $\bar{w}_i = w_i/w_0$ ,  $q = 1 - \frac{1}{A\rho_0 w_0^2}$

**Метод решения.** Поскольку в камере очистки происходит разрыхление потока, то необходимо условие  $\rho < \rho_0$ . В соответствии с зависимостью (5), имеем  $w > w_0$ , при этом из уравнения (5) следует  $\frac{dp}{d\varphi} > 0$ , т.е. необходимо, чтобы  $q < 0$  или  $w_0 < \sqrt{1/A\rho_0}$ . Если обозначит через  $K$  модуль сжимаемости волокнистой массы, то ее податливост будет равна  $A = 1/K$ . Тогда из неравенства  $w_0 < \sqrt{1/A\rho_0}$  следует  $w_0 < c_0$ , где  $c_0 = \sqrt{K/\rho_0}$  - скорость распространения волны сжатия в волокнистой массе.. Так, например, если принят  $A = 0.001 \text{ Па}^{-1}$ , то имеем  $K = 10^3 \text{ Па}$ , далее принимая  $\rho_0 = 10 \text{ кг/м}^3$ , получаем  $c_0 = 8 \text{ м/с}$ .

Таким образом, скорость подачи сырья в камеру должна удовлетворят условию  $w_0 < 8 \text{ м/с}$ .

Полагая,  $q = -q_0$  ( $q_0 = \frac{1}{A\rho_0 w_0^2} - 1$ ), решения уравнения (5) для различных значений угла  $\varphi_i$  получим в виде

$$\begin{aligned} \bar{w} &= \bar{w}_0 = 1 \quad \text{при } \varphi < \varphi_1 \\ \bar{w} &= \bar{w}_1 = 1 + b\bar{w}_1 \quad \text{при } \varphi_1 < \varphi < \varphi_2 \\ \bar{w} &= \bar{w}_2 = 1 + b\bar{w}_1 + b\bar{w}_2 \quad \text{при } \varphi_2 < \varphi < \varphi_3 \\ \bar{w} &= \bar{w}_i = 1 + b\bar{w}_1 + b\bar{w}_2 + \dots + b\bar{w}_{i-1} + b\bar{w}_i \quad \text{при } \varphi_i < \varphi < \varphi_{i+1} \\ \bar{w} &= \bar{w}_{N-1} = 1 + b\bar{w}_1 + b\bar{w}_2 + \dots + b\bar{w}_{i-1} + \dots + b\bar{w}_{N-1} \quad \text{при } \varphi_{N-1} < \varphi < \varphi_N, \\ \bar{w} &= \bar{w}_N = 1 + b\bar{w}_1 + b\bar{w}_2 + \dots + b\bar{w}_{i-1} + \dots + b\bar{w}_N \quad \text{при } \varphi > \varphi_N \end{aligned} \quad (6)$$

где  $N$  - число колосников,  $b = f/q_0$ ,

Из этих уравнений находим скорости потока после взаимодействия с колосниками:  
 $\bar{w}_i = c^i$  ( $i = 1, 2, 3 \dots N$ )  
 где  $c = q_0/(q_0 - f)$ .

Поскольку  $q_0 > f$ , то скорость подачи  $w_0$  должна удовлетворят неравенству  $w_0 < c_0 / \sqrt{1+f}$ . Если принят  $f = 0.3$ , то в вышеприведенном примере следует полагат  $w_0 < 8.77 \text{ м/с}$ .

Для плотности после каждого взаимодействия потока с колосниками получаем следующие формулы:

$$\begin{aligned}\rho &= \rho_0 \text{ при } \varphi < \varphi_1 \\ \rho &= \rho_i = \frac{\rho_0}{c^i} = \rho_0 \left( \frac{q_0 - f}{q_0} \right)^i \text{ при } \varphi_i < \varphi < \varphi_{i+1} \quad i = 1..N-1 \\ \rho &= \rho_N = \rho_0 \left( \frac{q_0 - f}{q_0} \right)^N \text{ при } \varphi > \varphi_N\end{aligned}\quad (7)$$

Установим закономерность уменьшения массы волокнистой среды в результате выделения сорных примесей. Согласно работе [14], в результате разрыхления плотность волокнистой массы уменьшается на величину  $d\rho$ , то объем его будет равен

$$V + dV = \frac{m - dm}{\rho - d\rho} \quad (8)$$

Следуя работе [14], допустим, что относительное изменение массы волокна в каждой секции пропорционально относительному изменению объема волокна

$$\frac{dm_i}{m_i} = \frac{dV_i}{a_i V_i}, \quad (i = 1, 2, 3, \dots, N) \quad (9)$$

где  $a_i > 0$  - коэффициент пропорциональности в каждой секции очистки. Пользуясь выражениями (7) и (8), уравнение (9) перепишем

$$\frac{dm_i}{m_i} = \frac{d\rho_i}{(1 + a_i)\rho_i} \quad (10)$$

В отличие от работы [14], где контакт массы с колосниками происходит одновременно по всей дуге, полагаем, что контакт по этой дуге в стационарном режиме происходит точечно и скорость клочка в местах контакта, будет различной. Обозначим через  $m_0$  - массу неочищенной волокнистой среды, поступающей в зону очистки,  $m_i$  - массы волокна после взаимодействия с  $i$ -им колосником. Интегрируя уравнения (10) после взаимодействия потока с колосниками (7), получаем:

$$\begin{aligned}m &= m_0 \text{ при } \varphi < \varphi_1 \\ m &= m_1 = m_0 \left( \frac{\rho_1}{\rho_0} \right)^{\lambda_1} = \frac{m_0}{c^{\lambda_1}} = m_0 \left( \frac{q_0 - f}{q_0} \right)^{\lambda_1} \text{ при } \varphi_1 < \varphi < \varphi_2, \\ m &= m_2 = m_0 \left( \frac{\rho_2}{\rho_0} \right)^{\lambda_2} = \frac{m_0}{c^{2\lambda_2}} = m_0 \left( \frac{q_0 - f}{q_0} \right)^{2\lambda_2} \text{ при } \varphi_2 < \varphi < \varphi_3 \\ &\dots\dots\dots \\ m &= m_i = m_0 \left( \frac{\rho_i}{\rho_0} \right)^{\lambda_i} = \frac{m_0}{c^{i\lambda_i}} = m_0 \left( \frac{q_0 - f}{q_0} \right)^{i\lambda_i} \quad \varphi_i < \varphi < \varphi_{i+1} \\ &\dots\dots\dots \\ m &= m_N = m_0 \left( \frac{\rho_N}{\rho_0} \right)^{\lambda_N} = \frac{m_0}{c^{N\lambda_N}} = m_0 \left( \frac{q_0 - f}{q_0} \right)^{N\lambda_N}\end{aligned}$$

$\lambda_i = 1/(1 + a_i)$  Количество выделенных после взаимодействия с первым колосником сорных примесей будет:

$$\Delta m_1 = m_0 - m_1 = m_0 \varepsilon_1$$

где  $\varepsilon_1 = 1 - c_1^{-\lambda_1} = 1 - (1 - b)^{\lambda_1}$  - эффективность очистки,



Аналогично количество выделенных примесей после взаимодействия со вторым колосником вычисляется по формуле

$$\Delta m_2 = (m_0 - \Delta m_1) \varepsilon_2 = m_0 (1 - \varepsilon_1) \varepsilon_2, \quad \varepsilon_2 = 1 - (1 - b)^{2\lambda_2}$$

Количество выделенных примесей после взаимодействия с  $i$ -им колосником будет:

$$\Delta m_i = (m_0 - \Delta m_1 - \Delta m_2 - \dots - \Delta m_{i-1}) \varepsilon_i = m_0 (1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2) \dots (1 - \varepsilon_{i-1}) \varepsilon_i \quad (11)$$

где  $\varepsilon_i = 1 - (1 - \beta)^{i\lambda_i}$

Общее количество выделенных сорных примесей после взаимодействия со всеми колосниками с учетом (11), представим в виде суммы

$$M = \sum_{i=1}^N \Delta m_i = m_0 [\varepsilon_1 + (1 - \varepsilon_1) \varepsilon_2 + (1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2) \varepsilon_3 + \dots + (1 - \varepsilon_1)(1 - \varepsilon_2) \dots (1 - \varepsilon_{N-1}) \varepsilon_N]$$

Если обозначит через  $n$ -процентное содержание поступающих примесей в зоне очистки волокнистой массы, то при полной очистке волокнистой массы от примесей выполняется равенство  $M = 0.01nm_0$ .

В расчетах коэффициенты  $\lambda_i$  приняты по формуле [14].

$$\lambda_i = \varepsilon_{01} / (1 + p)^i$$

**Анализ результатов.** В таблицах 1 и 2 представлены значения  $w_i$ ,  $\rho_i$  и  $dm_i$  для различных чисел колосников  $N$ . Скорост подачи сырца в зону очистки вычисляются по известному расходу  $Q$ ,  $w_0 = Q / \rho_0 h L$ . В расчетах принято  $Q = 1 \text{ м}^3 / \text{час}$ ,  $\rho_0 = 20 \text{ кг} / \text{м}^3$ ,  $h = 0.002 \text{ м}$ ,  $L = 1.7 \text{ м}$ ,  $f = 0.3$ ,  $N = 10$ ,  $A = 0.0007 \text{ м}^2 / \text{Н}$ . При этом скорости подачи сырца и распространения волны сжатия соответственно будут равны  $w_0 = 4.1 \text{ м} / \text{с}$ ,  $c_0 = 8.45 \text{ м} / \text{с}$ .

Из анализа табличных данных следует, что с ростом числа колосников предельная скорость потока в секциях увеличивается. В принятых значениях, начиная с первой секции (в зоне между первым и вторым колками) составляет 2-2.5 раза, в то же время столько раз уменьшается плотность очищаемого сырья. Также отметим, что интенсивный уход сорных примесей из сырья происходит в секциях до шестого колка, далее количество уходящих примесей незначительно. Это обстоятельство следует учитывать при выборе производительности камеры очистки.

Видно, что существенное увеличение количества выделенных примесей наблюдается после взаимодействия с первыми шестью колосниками, при этом рост параметра  $p$  приводит к уменьшению количества выделенных примесей, это заметно при больших количествах колосников. Так, например, при увеличении параметра  $p$  в два раза (в таблице вторая и третья строки) количество выделенных примесей при  $N = 3$  уменьшается в 4, 3 раза, при  $N = 5$  - в 11 раз. Существенное влияние на изменение количества примесей может оказать свойство сжимаемости поступающего сырья, определяемые коэффициентом податливости  $A$  (или модулем сжимаемости  $K$ ) и плотности  $\rho_0$ , в конечном счете характеризующейся скоростью распространения волны  $c_0$ . Увеличение скорости  $c_0$ , связанной с уменьшением податливости  $A$  материала (или с ростом его жесткости  $K$ ), приводит к снижению количества выделяемых примесей. Это указывает на необходимость подготовки сырья к очистке с уменьшенной жесткости.

**Таблица 1**

**Значения  $w_i$ ,  $\rho_i$  и  $100dm_i / m_0$  при  $\varepsilon_{01} = 1$ ,  $p = 1$  и различных числах колосников  $N$**

$N$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$w_i \text{ (м/с)}$	4.95	5.44	6.00	6.60	7.26	8.00	8.8	9.69	10.65

$\rho_i$ (кг/м <sup>3</sup> )	16.5	15	13.62	12.38	11.25	10.22	9.28	8.43	7.66
$100dm_i/m_0$	4.68	4.46	3.21	2.07	1.27	0.754	0.43	0.25	0.139

В таблицах 2 и 3 приведены данные для количества выделенных примесей  $\Delta m_i$  (отнесенных к  $m_0$ ) при  $N=10$  и суммарная масса  $M$  (в процентах, отнесенных к массе  $m_0$ ) для двух значений коэффициента податливости  $A$  и различных данных параметра  $p$ .

**Таблица 2**

**Суммарная выделенная масса примесей  $M$  (отнесенная к  $m_0$  и процентах) и значения  $100 dm_i/m_0$  при  $A=0.0007\text{м}^2/\text{Н}$  ( $c_0=8.45\text{м/с}$ ) в различных значениях параметра  $p$  и числах колосников  $N$**

$100M/m_0$	$N/a$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
90.3	0	15.86	18.6	17.9	14.6	10.38	6.52	3.65	1.83	0.823
35.07	0.5	7.66	7.04	5.77	4.48	3.39	2.52	1.86	1.36	0.98
12.67	1	4.68	4.46	3.21	2.07	1.27	0.754	0.43	0.25	0.139
6.33	1.5	2.91	1.7	0.89	0.44	0.21	0.1	0.045	0.02	0.01
3.79	2	2.04	1.0	0.44	0.18	0.073	0.028	0.011	0.0041	0.0015

**Таблица 3**

**Суммарная выделенная масса примесей  $M$  (в процентах и отнесенная к  $m_0$ ) и значения  $100 dm_i/m_0$  при  $A=0.0005\text{м}^2/\text{Н}$  ( $c_0=10\text{м/с}$ ) в различных значениях параметра  $p$  и числах колосников  $N$**

$100M/m_0$	$N/p$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
90.68	0	11	14.1	15.13	14.33	12.25	9.58	6.89	4.59	2.84
25.05	0.5	5.14	4.86	4.1	3.27	2.52	1.91	1.42	1.05	0.766
8.54	1	2.93	2.16	1.42	0.871	0.519	0.301	0.171	0.097	0.053
4.2	1.5	1.91	1.13	0.597	0.297	0.142	0.066	0.03	0.013	0.006
2.5	2	1.34	0.662	0.293	0.122	0.049	0.019	0.007	0.003	0.001

**Выводы.** Осуществлена практическая возможность применения метода математического моделирования для теоретического решения важной технологической задачи процесса очистки потока волокнистой массы от сорных примесей. Приняты новые подходы к описанию точечного контакта взаимодействия потока с колосниками.

Использованы основные положения механики сплошной среды для составления уравнения движения потока волокна между пыльным барабаном и колосниковой решеткой. Получены расчетные формулы для определения количества выделенных сорных примесей из потока волокнистой массы при его ударном взаимодействии с дискретно расположенными колосниками. Установлены различные закономерности распределения количества выделенных примесей вдоль дуги очистки, полезные для разработки рекомендаций по предварительной подготовке сырья перед очисткой, а также рациональному выбору технологических параметров очистительной камеры.

### References

1. R.Sh.Sulaymonov i dr. // Analiz texnologicheskix parametrov voloknoochistitelya tipa 1 VPU // Problemi mexaniki №3, str. 61-63, Tashkent 2012.
2. R.Sh.Sulaymonov i dr. // Modernizatsiya protsessa ochistki volokna // Problemi tekstilya,- 2012.-№2.- s.82-85
3. R.Sh.Sulaymonov i dr. // Analiz rabotosposobnosti voloknoochistitelya s modernizirovannoy kolosnikovoy reshetkoy // Problemi mexaniki, 2014.-№3-4, str.115-118
4. E.T.Maksudov i dr. // Standartizatsiya i sertifikatsiya xlopkovogo volokna-garantiya visokogo kachestva // STANDART-2017. -№1, -s.11-12
5. Maksudov E.T. i dr. // Rezul'tati izucheniya kachestva volokna virabotannix pri pererabotki xlopka-sirtsa mashinnogo sbora, v izmeritel'nix sistemax HVI // Problemi tekstilya,-2017. -№2, -str. 15-20
6. E.T.Maksudov i dr. // Iziskaniye metodov povisheniya kachestva xlopkovogo volokna na xlopkoochistitel'nix zavodax // Problemi tekstilya,-2016. -№2. -str.
7. JingshanTian and others. Fiber damage of machine-harvested cotton before ginning and after fiber cleaning. "Journal of Integrative Agriculture". Vol.17, Issue 5, May 2018. P. 1120-1127. access mode www.scopus.com
8. Hengyi Dong XingliJiu and others. Leaf adhesiveness affects damage to fiber strength during seed cotton cleaning of machine-harvested cotton. "Industrial Cropsand Products"Vol. 107, Issue 15, November 2017. P. 211-216. access mode www.scopus.com
9. R.Sh.Sulaymonov i dr. // Izucheniye texnologii i oborudovaniya zarubejnogo proizvodstva po djinirovaniyu xlopka-sirtsa, linterovaniyu semyan, ochistki volokna i linta, ekspluatiruemogo na otechestvennix xlopkozavodax s vidachey rekomendatsiy // Otchet AO "Paxtasanoat ilmiy markazi" str. 28, Tashkent 2016.
10. R.Sh.Sulaymonov i dr. // Povisheniya effektivnosti ochistki volokna trudnoochishayemix selektsiy // Problemi mexaniki №1, str. 80-82, Tashkent 2017.
11. A.M.Salimov i dr. Tennologiya pervichnoy obrabotki xlopka. T., "Adabiyot uchquhlari", 2018.-184 b.
12. N.Z.Kamalov i dr. // Izucheniye i ispitaniye oborudovaniye dlya pil'nogo djinirovaniya xlopka-sirtsa i ochistki volokna: // Otchet AO "Paxtasanoat ilmiy markazi" Tashkent, 2011.-str. 43
13. B.M.Mardonov i dr. // Modelirovaniye protsessa uxoda sorinok iz sostava voloknistoy massi pri dinamicheskom vzaimodeystvii ee s setchatoy poverxnostyu // Sbornik trudov. "Innivatsionniye tehnologii tovarov narodnogo potrebleniya, kachestvo i bezopastnost", Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, Almati 2010. 17-18 iyunya, -str.274-276
14. A.G.Sevostyanov, P.A.Sevostyanov // Modelirovaniye tehnologicheskix protsessov // Legkaya i pishevaya promishlennost, 2014.-str. 416.